

APROXIMACIONES AL CONCEPTO DE TORMENTA ELÉCTRICA

Francisco Pérez Puebla, César Zancajo Rodríguez y Jorge González Márquez

1. Introducción

En las siguientes páginas se describen pormenorizadamente los nuevos productos relacionados con las descargas eléctricas atmosféricas que se presentan en esta edición del calendario meteorológico del año agrícola 2006-2007 en la nueva sección de «tormentas eléctricas».

Los datos utilizados para la elaboración de los productos que aquí se describen son las localizaciones de descargas eléctricas entre nube y tierra realizadas con la red de observación del fenómeno que posee el INM. Esta red inició la operación a principios de los años noventa con 14 estaciones cuyo principal elemento sensible era un radiogoniómetro en la banda VLF. Al finalizar la década se emprendió la primera renovación instrumental añadiendo a las estaciones nuevos relojes de medida del instante de llegada de las señales con tecnología GPS que proporcionaron un mayor detalle y precisión a la observación eléctrica.

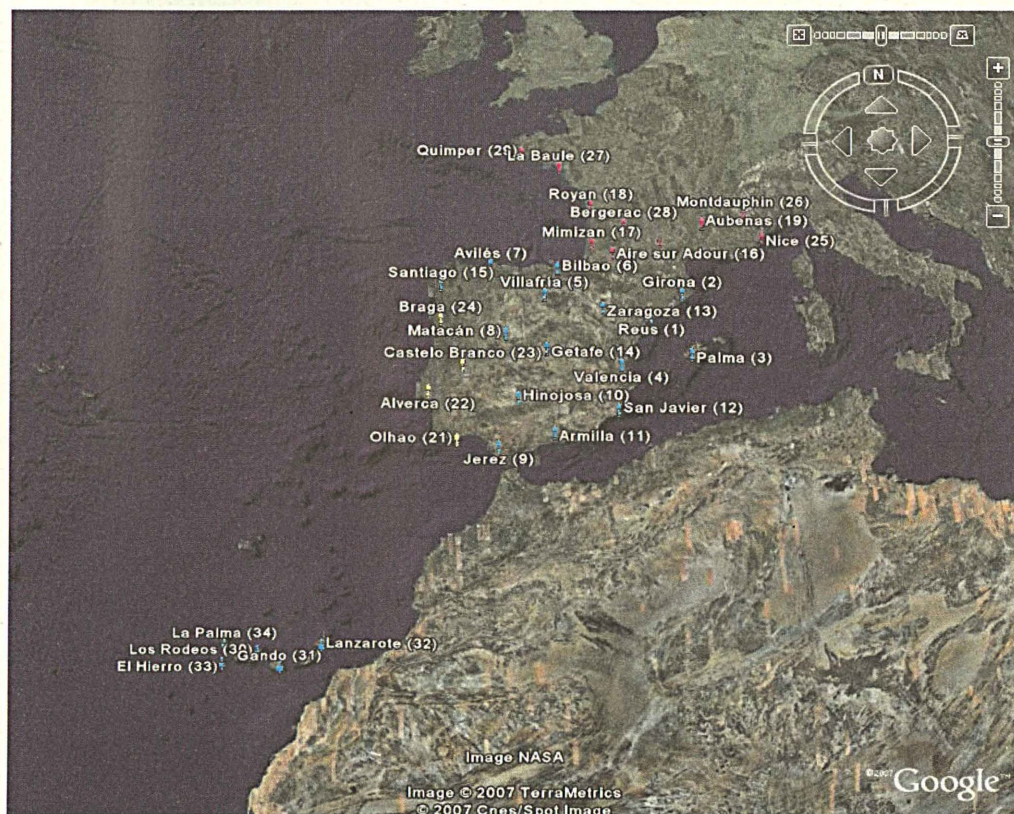


Figura 1. Posición y nombre de las estaciones de detección de descargas eléctricas que participaron en la localización de tormentas con los sistemas del INM durante el año agrícola 2006-2007. En azul claro (cian) las 20 estaciones propiedad del INM, en amarillo las cuatro del IM de Portugal y en rosa (fucsia) las diez proporcionadas por Meteo France.

Simultáneamente se ha ido incrementando la cobertura de área de vigilancia y seguimiento de la actividad tormentosa a más de 4 millones de km² al entrar en operación 5 nuevas estaciones de radiodetección con GPS en Canarias e iniciarse una prometedora colaboración internacional con Francia (Meteo France) y Portugal (Instituto Meteorológico). Durante el año agrícola precedente se ha contado con un total de 34 estaciones de radiodetección debido a la colaboración internacional.

Gracias a la tecnología GPS la resolución del fenómeno eléctrico atmosférico observable en la actualidad alcanza hasta el análisis de cada una de las descargas que constituyen los rayos. En particular, la precisión en la evaluación del instante en que llegan al suelo es de microsegundos lo que redundará en el cálculo de su posición con un error de pocos centenares de metros.

Presentaremos a continuación algunos resultados de los estudios realizados para determinar la relación entre los datos proporcionados en anteriores calendarios por medio de las tablas del número de días de tormenta por estaciones. Estas tablas proceden de observaciones meteorológicas sistemáticas realizadas desde las redes tradicionales explotadas por el INM. Analizaremos las analogías y diferencias entre los productos tradicionales y los aquí propuestos. Sintetizaremos las ventajas de los nuevos sistemas y concretaremos las diferencias entre los productos para evitar así posibles confusiones.

2. La observación tradicional de tormentas eléctricas frente a la automática

La observación de tormentas que hasta ahora se difundía en el calendario anual por medio de algunas tablas se basaba en la metodología meteorológica tradicional realizada por medio de la intervención humana directa durante breves periodos de tiempo. El procedimiento oficial establece una duración de la observación de 10 minutos inmediatamente antes de la hora nominal de observación (0, 6, 12 y 18 horas TMG). Las observaciones climatológicas (1, 7 y 13 GMT) y otras sinópticas intermedias (3, 9, 17 y 21) dan una mayor continuidad en el seguimiento de las tormentas si forman parte del programa de observación de la estación. Sólo las observaciones de propósito aeronáutico incrementan la frecuencia de la observación como máximo hasta un intervalo semihorario. Por tanto, la observación tradicional en el mejor de los casos es un muestreo realizado con una frecuencia muy variable que está directamente relacionada con el horario de observación establecido para cada observatorio. Por tanto, mediante la observación sinóptica no se hace un seguimiento continuado a lo largo del tiempo de las tormentas eléctricas.

En el aspecto de continuidad del seguimiento del fenómeno eléctrico es claramente ventajoso el uso de una red de carácter automático por su disponibilidad teóricamente absoluta (en ausencia de problemas técnicos del equipo o de la instalación o del sistema de comunicaciones,...etc.) Los análisis periódicos realizados sobre la disponibilidad de los datos mensuales del conjunto de estaciones de radiodetección del INM proporcionan valores superiores al 70%. Esto nos indica que incluso en las peores condiciones de mantenimiento y deterioro de la red al menos el 70% de las estaciones se mantendrán operativas proporcionando datos al sistema de cálculo de la localización. Este último sistema se encuentra duplicado lo que mantiene la red constantemente activa y en funcionamiento siendo las pérdidas de datos prácticamente imposibles.

Si se trata de una observación visual, el umbral establecido para la determinación de la existencia de tormenta eléctrica en una determinada estación es la percepción de la proximidad de relámpagos. Si se utilizase el oído es suficiente con oír algún trueno.

Sin embargo, si nos preguntamos a qué distancias puede discernirse visualmente la presencia de relámpagos de una tormenta encontraremos un motivo más de incertidumbre. La percepción de la proximidad o la lejanía de la tormenta a un lugar de observación depende de factores altamente subjetivos y, por tanto, la estimación de la distancia puede ser muy variable como para asignar de un modo preciso la existencia de tormenta en la estación.

Por ejemplo, desde una atalaya situada en una altiplanicie o en un observatorio de montaña no se aprecia la distancia del mismo modo que desde otro lugar situado en el interior de un valle o en una depresión. La perspectiva que ofrece el lugar de observación puede hacer imposible la visualización de las descargas eléctricas de una tormenta a distancias incluso inferiores a 10 kilómetros mientras que desde una buena posición y cuando la noche ha caído puede seguirse gran parte de la actividad eléctrica de tormentas situadas a varios centenares de kilómetros dándoles una aparente proximidad.

Este hecho es salvado por la red de detección de rayos al producirse la localización de descargas en cualquier parte del territorio nacional y zonas marítimas próximas aunque no siempre sea con el mismo grado de eficiencia. Por lo tanto, siempre hay la posibilidad de extraer del total de datos localizados por la red automática de radiodetección aquellos sucesos ocurridos en un entorno geográfico preciso del lugar de interés y de este modo conformar una base de datos con el historial completo y las efemérides de cada punto geográfico sin limitación ni confusión con otros más o menos próximos.

Tampoco es homogénea ni la visibilidad ni el alcance de la observación en los observatorios según la dirección geográfica considerada. A veces tanto la visibilidad como el alcance dependen de las mismas condiciones meteorológicas reinantes. Hay emplazamientos con facilidad de observación en todas las direcciones pero desgraciadamente también abundan los que están orientados hacia un pequeño sector o acimut del horizonte por interés del principal usuario del servicio reduciéndose notablemente e incluso imposibilitando la visibilidad en el resto.

Cuando la observación de tormentas se fundamenta en los truenos oídos por el observador la ambigüedad se incrementa ya que el sonido puede estar afectado por múltiples factores favoreciéndose o dificultándose en determinadas direcciones su propagación. Entre los múltiples factores que afectan a la imprecisión de la percepción de cercanía o lejanía al observatorio es la propia intensidad eléctrica de la descarga (magnitud medida por la red automática), o el hecho de que se haya producido en un lugar despejado de obstáculos orográficos hacia el observador, o que el sonido sea ayudado o no por el viento reinante, o que exista una inversión térmica o no en dirección hacia la descarga que intensifique o atenúe el ruido apreciado por el observador y así un largo etcétera de condicionantes. Ni que decir tiene que el que se observe desde el interior de un edificio con un aislamiento confortable o deficiente es también un factor clave para darse cuenta o no de la existencia de tormenta eléctrica.

En definitiva, a la ambigüedad de la observación basada en la percepción humana inherente a la sensibilidad y agudeza acústica y/o visual del propio observador se unen múltiples factores que hacen que la observación de tormentas y las valoraciones climáticas que de ellas se obtienen sean extremadamente vulnerables e imprecisas. La evaluación con exactitud de una magnitud tan simple como el número de días de tormenta que sucedieron durante un mes en una determinada estación puede adolecer de múltiples errores aleatorios y/o sistemáticos según que el método de observación seguido descansa o no en la agudeza de los sentidos humanos.

Por otro lado, históricamente se han considerado con el mismo peso las observaciones procedentes de personal formado profesionalmente y las de colaboradores que informaban circunstancialmente de estos eventos. También se han considerado en pie de igualdad las observaciones realizadas en observatorios con un programa de observación de 24 horas al día y aquellos con programas reducidos a 12 o 18 horas. Los observatorios no sólo tienen un horario sino que también sufren los avatares derivados de la competitividad o no del personal. Los observatorios suelen estar supeditados al servicio a un usuario (aeronáutico, marítimo,...etc.) y no a la valoración climática de los fenómenos por mucho que estos tengan fuerte repercusión humana y una trascendencia muy relevante en el riesgo de desastres naturales al que está expuesta la sociedad.

Por lo tanto, hay una clara inclinación de la balanza en favor de la observación automática de tormentas eléctricas al carecer de una sistemática y criterios que salven tantas heterogeneidades en los medios, condiciones y duración de la observación. El uso de datos procedentes de la red automática de detección de descargas eléctricas del INM mantiene la capacidad de observación a lo largo del tiempo de modo continuado reduciendo al mínimo las posibles lagunas y garantiza al mismo tiempo la homogeneidad en las técnicas de detección y localización de las descargas al menos mientras se mantiene operacional el mismo instrumental de observación.

Hemos realizado trabajos de comparación entre los registros obtenidos de los informes «climat» proporcionados por el Banco de Datos del INM, que se han venido publicando anualmente en el «Calendario Meteorológico», y los datos proporcionados por la red de rayos del INM. Se ha comparado el número de días de tormenta mensual obtenido por el método tradicional y el obtenido de la radiodetección dentro de un círculo de 20 kilómetros de diámetro en unos ochenta emplazamientos peninsulares. El periodo de comparación se extendió desde enero de 2000 hasta el pasado agosto de 2007 debido a la gran homogeneidad instrumental en la red de rayos durante el mismo.

La red de descargas nos ha proporcionado datos durante todos los meses del periodo de comparación mientras que la red de observatorios no disponía de datos mensuales el ocho por ciento de los meses (véase la Figura 2). Probablemente problemas relacionados con la disponibilidad de personal hayan influido en esa discontinuidad provocando una pérdida muy significativa en los alrededores de 7000 datos mensuales procedentes del sistema tradicional.

Asimismo, la proporción de meses en los que no se había observado ningún día de tormenta ha sido del orden del 46,5 % según el método clásico mientras que ese porcentaje se reduce en el mismo periodo al 38,7% de los meses considerados para el total de estaciones según la valoración del sistema automático (véase Figura 2). La menor cobertura temporal del programa de observación en la mayoría de los observatorios podría dar cuenta de este otro 8% de lagunas a favor del sistema automático de observación.

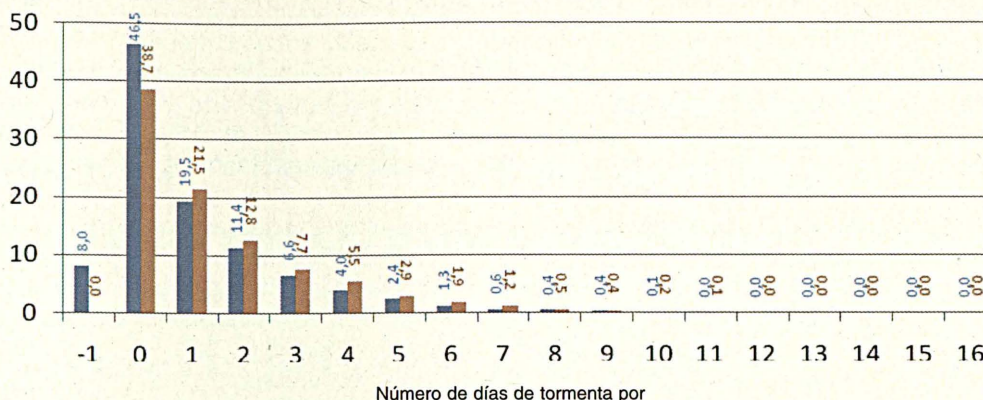


Figura 2. Porcentaje de meses según el número de días de tormenta observados en el período 2000-2007 en una muestra de observatorios (en azul) y los obtenidos por la red de rayos del INM en un radio de 10 kilómetros alrededor del mismo emplazamiento (en granate).

El valor menos uno «-1» del eje de abscisas corresponde al % de meses sin datos, el valor cero al de meses en los que no se dio ningún día de tormenta y el 16 al % de meses con más de quince días de tormenta.

3. Criterios de homogeneidad para los datos de la red de descargas

Hemos discutido la elevada vulnerabilidad de las observaciones realizadas con la intervención humana según la metodología clásica de observación de tormentas eléctricas y por tanto se ha extendido una sospecha generalizada de incoherencia sobre sus medidas y las evaluaciones climáticas derivadas. Sin embargo, es justo y necesario constatar la existencia de un gran paralelismo y similitud entre las medidas obtenidas por los dos métodos. Considérese como muestra de esta alta coincidencia la figura número 3.

Al inspeccionar las series del número mensual de tormentas en el aeropuerto de Mahón durante el periodo considerado se observa que no siempre hay concordancia absoluta sino que en ocasiones el método tradicional arroja un número mayor de días mensuales de tormenta que el automático. Esta situación bien podría explicarse teniendo en consideración que se dan condiciones de observación extraordinarias en el observatorio menorquín como ya comentamos anteriormente (personal altamente cualificado, programa de observación nocturno, buena ubicación del observatorio como atalaya marítima,...etc.) Pero no es menos cierto que también debemos tener en cuenta la abundancia en las tormentas locales de descargas internas en la nube o entre nubes próximas que llegan a alcanzar el suelo.

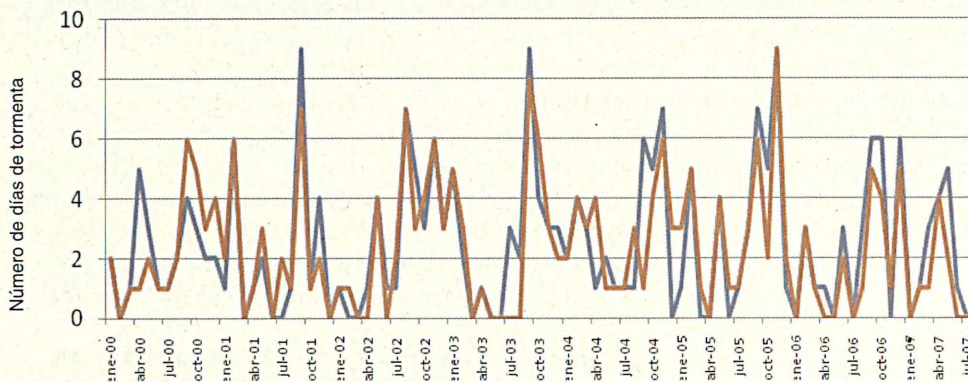


Figura 3. Número de días de tormenta mensual observados en el periodo 2000-2007 en el observatorio de Mahón (en azul) y los obtenidos por la red de rayos del INM en un entorno de 10 kilómetros del mismo (en granate).

El sistema automático de observación del INM dispone de capacidad para la observación de una parte significativa (~30%) de las descargas «intranube» (aquellas que no unen eléctricamente nube y tierra y que generalmente anteceden a las descargas que alcanzan el suelo) Estas descargas «intranube» se presentan a lo largo de toda la tormenta pero abundan en la fase final indicando el sostenimiento de la actividad tormentosa hasta su final aunque con descargas que no suelen alcanzar el suelo y de menor intensidad que ellas.

A pesar de la capacidad de detección «intranube», los sistemas de detección y localización de descargas se han configurado recientemente en el INM de tal modo que son rechazados estos datos en su inmensa mayor parte. Por ese motivo, en el proceso de selección de datos para la obtención de los productos aquí presentados hemos filtrado los datos de descargas «intranube» localizados por el sistema en otros periodos para garantizar la homogeneidad de la serie de radiodetección considerada.

En las zonas donde hay relativa abundancia de grandes complejos tormentosos las descargas intranube puede recorrer decenas de kilómetros y, a pesar de no alcanzar el suelo, producen a lo largo de grandes distancias un trueno que podría ser oído en varios observatorios. Por tanto, este hecho debería motivar una significativa ventaja de la contabilidad de tormentas realizada de modo tradicional. Este resultado no se ha observado en la comparación entre la serie tradicional y la automática sino en singulares ocasiones. Al contrario, como hemos explicado es significativamente mayor el número de días de tormenta observados según el procedimiento automático de radiodetección frente al registrado por el sistema tradicional lo cual apunta a una fuerte afección del efecto de muestreo en la metodología de observación tradicional.

En aras a la obtención de la máxima homogeneidad de la serie automática se ha prescindido en la comparación de datos de descargas eléctricas obtenidas por métodos matemáticos de localización con posibles grandes errores de posicionamiento (del orden de kilómetros) basados en exclusiva en la radiogoniometría y que descartan técnicas de localización temporales basadas en el GPS por no tener suficiente calidad la determinación temporal. Esto nos ha llevado a prescindir en esta comparación de datos de localización de los años anteriores al 2000.

Por último, las técnicas de localización de descargas por métodos temporales que utilizan GPS pueden producir descargas erróneas o falsamente localizadas. Este efecto podría ser despreciado ya que son menos de un uno por mil del total de descargas localizadas por GPS las afectadas por esta imprecisión. Por tanto, la contribución al superávit del número de días de tormenta a lo largo del mes según las estimaciones de la red automática sería ciertamente insignificante.

De las anteriores consideraciones podríamos concluir que la nueva metodología de contabilización del número de días de tormenta mensuales observados localmente es también una aproximación por defecto a la realidad manifiestamente mejorable si se adaptase la configuración de la red de radiodetección para observar las descargas intranube. En ese caso se mejoraría la similitud entre ambos métodos de observación al poderse mantener el criterio de considerar que cualquier descarga intranube (o trueno procedente de la misma) debería surtir efecto en las valoraciones automáticas. Este defecto obviamente no puede ser corregido mientras que no se amplíe el programa de observación de la red del INM a las descargas «intranube» o no se disponga de un sistema con tecnología de detección eléctrica total (dentro y fuera de la nube)

4. Número de días mensual de tormenta por estaciones

Como se ha mencionado anteriormente, la tradicional tabla del número de días de tormenta eléctrica por mes y año para las estaciones se ha elaborado en esta ocasión con los datos de localización de descargas eléctricas obtenidos durante el año agrícola 2006-2007 por la red de estaciones de radiodetección del INM. Se han tomado para ello todos los datos operacionales de detección de las estaciones de la red aparecidos en la figura 1 con los criterios de calidad y homogeneidad descritos anteriormente. Debido a determinadas lagunas en los procesos de localización sucedidas en tiempo real por la pérdida de sincronización de la red se han tenido que reprocesar todos los datos de detección de la red del periodo comprendido entre marzo y mayo de 2007 recalculando la localización de todas las descargas y evitando así las lagunas producidas en tiempo real.

Así mismo, se han reprocesado todos los datos de detección de descargas entre septiembre y octubre de 2006 para obtener las localizaciones en el archipiélago de Canarias al no disponer de la calibración de sus estaciones hasta el 19 de octubre de 2006.

Se han construido las series con el número de descargas diarias en todos los emplazamientos de estaciones meteorológicas y dentro de un radio de 10 kilómetros entre el 1 de enero del año 2000 y el 31 de agosto de 2007 con objeto de realizar una «valoración objetiva» del año agrícola 2006-2007 con respecto a los resultados en el periodo de máxima homogeneidad escogido. Hemos considerado en todos los casos como día de tormenta aquel en el que al menos se ha registrado una descarga dentro del círculo de 10 kilómetros de radio ya que la filtración de localizaciones no realizadas con tecnología temporal por GPS reduce el error de falsas localizaciones hasta valores casi despreciables.

Se han escogido las mismas estaciones de la etapa anterior del calendario para mantener la continuidad interanual. Tan sólo se han añadido las observaciones de descargas entorno a los emplazamientos de los observatorios de: Palencia, Huesca (Ciudad Deportiva), Monflorite, Ceuta, y también de los aeropuertos de El Hierro y de La Gomera para conocer la actividad al menos en las capitales de provincia y en los aeropuertos provinciales o isleños.

5. Caracterización tormentosa del año agrícola 2006 - 2007

Para la caracterización de este año agrícola se ha realizado una valoración estadística del periodo 2000- 2006 en los mismos observatorios que aparecen en la tabla del número de días de tormenta mensual por observatorios y posteriormente se han referido los datos del año agrícola 2006 – 2007 a los del periodo completo.

Para facilitar la valoración se ha establecido una escala de niveles para la caracterización. En ella se ha entendido como «normal» cualquier resultado que estuviese comprendido entre el 80% y el 120% del valor correspondiente al periodo de control, el dato es «poco tormentoso» si representa entre un 40 y un 80% del estándar, el periodo es «tormentoso» si representa entre el 120% y el 200%, es «extremadamente bajo» de actividad si está por debajo del 40%, es «muy tormentoso» si el periodo se mueve entre el 200 y el 700% y, por último, el nivel de «extremadamente tormentoso» si supera el 700% de la media del periodo de control.

El año agrícola 2006-2007 ha sido muy tormentoso en los observatorios de la zona centro de la península en especial en los de Madrid y los de la zona sur de Castilla-León. Sin embargo, el invierno ha sido en los observatorios del interior peninsular anormalmente escaso en tormentas. Asimismo, ha habido en torno a un cincuenta por ciento más del promedio de días de tormenta en los observatorios del occidente de Castilla – La Mancha y Extremadura. También en los observatorios gallegos se ha producido mayor actividad de la habitual con la excepción del observatorio de La Coruña que se mantiene en el estándar anual.

En los observatorios andaluces el año agrícola ha sido normal con la excepción de Armilla y Almería donde se ha sido poco tormentoso. En Ceuta la actividad anual ha sido también la normal mientras en Melilla fue extremadamente baja. Destaca la extremadamente alta actividad en la generalidad de los observatorios andaluces durante la primavera (especialmente el mes de abril aunque disminuyendo algo en mayo) Sin embargo la actividad tormentosa fue extremadamente baja o nula durante junio y julio en la generalidad del sur peninsular.

Los observatorios de la ribera mediterránea han tenido un comportamiento muy estandarizado aunque Cataluña (salvo Barcelona y Lleida que han mantenido la normalidad), Alicante, Castellón y San Javier han quedado por debajo del nivel normal de actividad especialmente durante el semestre frío en el que los niveles de actividad han sido excepcionalmente bajos. La misma tónica se ha dado en Ibiza contrastando con la normalidad del resto de observatorios de Baleares. El interior de Murcia ha superado el número de días de tormenta promedio.

En el litoral norte la actividad anual registrada en los observatorios próximos al Cantábrico ha mantenido una tónica de normalidad no exenta de algún altibajo (el aeropuerto de Asturias por debajo de lo normal, el de Gijón por encima y Oviedo justo con la media). Los litorales cántabro y vasco han mantenido la normalidad anual.

Los observatorios sitos en las comunidades de la cuenca del Ebro han tenido un comportamiento bastante normal aunque se ha dado un acentuado contraste entre el periodo cálido y el frío del año agrícola al ser el periodo frío extremadamente escaso en actividad eléctrica frente a la también extrema frecuencia de días de tormenta en los meses cálidos. La excepción se ha situado en los observatorios próximos al curso superior (Logro-

ño, Vitoria, Soria y Burgos) donde la actividad eléctrica anual ha quedado por debajo de lo habitual.

6. Número de días de tormenta en grandes áreas

Adicionalmente a la presentación de la tradicional tabla del número de días de tormenta en los observatorios se ha realizado una valoración semejante para todas las provincias, islas, ciudades autónomas del norte de África y las áreas marítimas tanto del mar Mediterráneo como del océano Atlántico con buena cobertura y alcance de la red de descargas del INM.

Para la evaluación de la actividad en las áreas provinciales y demás territorios se han tenido que digitalizar los límites de todas y cada una de las superficies consideradas. Se ha obtenido una gran coincidencia entre las áreas determinadas por los contornos provinciales obtenidos y las superficies oficiales de las provincias. La única excepción se produce en aquellas provincias donde existen enclaves geográficos de otra provincia distinta en su interior o las que los tienen en otras provincias externas al contorno considerado. Tan sólo en el caso de Ceuta y Melilla el contorno considerado al incluir el área terrestre y un territorio marítimo adicional (puertos) supone un incremento significativo cercano al 30% de la superficie oficial de ambas ciudades autónomas. En estos dos casos las superficies consideradas (alrededor de 20 km²) son incluso inferiores a la del círculo entorno a los observatorios (314 km²) y no cabe considerarlas como grandes áreas sino más bien al contrario lo cual repercute de modo significativo en una reducción considerable de los posibles días de tormenta.

El criterio seguido para determinar si hubo o no un día cualquiera actividad eléctrica en estas nuevas áreas ha sido exigir que al menos hubiese dos descargas eléctricas en la misma área el mismo día. Estas descargas han de reunir las idénticas exigencias de tipo o naturaleza y técnica de localización por GPS que las utilizadas para los observatorios.

Los resultados se presentan en el calendario por medio de otra tabla con el número de días de tormenta por cada mes del año y para la totalidad del año en todas las provincias salvo los archipiélagos de las Islas Baleares y Canarias que se presentan por separado cada una de las islas de superficie significativa.

Del análisis de los resultados de la tabla con el número de días de tormenta por provincias e islas cabe destacar:

- a) La comunidad uniprovincial de Navarra presenta el máximo número de días de tormenta de todo el país con 93 (ordenando por provincias).
- b) En Huesca, Lleida, Zaragoza y Teruel se ha producido un alto número de días de tormenta (más de ochenta).
- c) En las provincias de Málaga, Almería y Alicante se ha dado un bajo número de días de tormenta (menos de 40)
- d) La isla de Palma de Mallorca es la que ha registrado el mayor número de días de tormenta de Baleares (46)
- e) La isla de Tenerife es la que ha registrado mayor número de días de tormenta en Canarias (10) seguida inmediatamente de cerca por La Gomera (9). Las islas occidentales totalizan un mayor número de tormentas que las orientales (26 frente a 8).

- f) El menor número de días de tormenta en zonas pobladas se registró en las 7 islas Canarias además de Formentera y en las plazas de Ceuta y Melilla (10 días de actividad o menos). Melilla y Lanzarote constituyen el mínimo absoluto anual sin ninguna tormenta eléctrica.

Para hacer comparativos entre sí los datos anteriores hemos de eliminar su dependencia respecto a la superficie del área geográfica de captación. Esto es posible si consideramos como magnitud a comparar el número de días de tormenta provincial por unidad de superficie. A continuación se extraen las conclusiones de este tipo de comparación expresándose entre paréntesis como índice de actividad tormentosa el número de días de tormenta registrados durante el año agrícola 2006 – 2007 por cada 10.000 km²:

- a) Las provincias menos tormentosas de cada comunidad multiprovincial han sido: Badajoz (29 días/año), Sevilla (36), Ciudad Real (34), León (43), Zaragoza (46), Valencia (48), Lugo (61), Lleida (70) y Álava (192).
- b) Las provincias más tormentosas de cada comunidad multiprovincial han sido: Guipúzcoa (257), Girona (124), Pontevedra (111), Castellón (98), Granada (75), Segovia (71), Guadalajara (61), Huesca (55) y Cáceres (32).
- c) Las comunidades uniprovinciales por orden de actividad fueron: La Rioja (99), Navarra (95), Cantabria (85), Madrid (71), Asturias (70) y Murcia (44).

También hemos aplicado el análisis del número de días de tormenta en las áreas marítimas de interés para el INM. Esto supone la extracción de datos en una superficie de alrededor de 4 millones de km². Evidentemente la cobertura de la red no tiene la misma eficiencia en unas áreas que en otras. Del total de áreas consideradas se han seleccionado sólo aquellas en las que la eficiencia era suficiente para hacer seguimiento del fenómeno con garantías de calidad que se pueden apreciar sin más que consultar las cartas mensuales del número de descargas. Estas 27 áreas con buen seguimiento totalizan una superficie de unos 3 millones de km² y están representadas gráficamente en la figura número 4. Destacan las siguientes conclusiones del análisis del número de días de tormenta registrados en el año:

- a) El área marítima con mayor número de días de tormenta ha sido el Cantábrico (122 días/año), después Cerdeña (117) y Cabrera (119), a continuación Baleares (109) y Finisterre (103). El resto tienen menos de 100 sucesos al año.
- b) Las áreas con menor actividad han sido: Tarfaya, Cabo Blanco y Quessant con menos de 20 días de tormenta en el año. En Tarfaya se ha registrado el mínimo absoluto con 10 días de tormenta en el año.
- c) Destaca también Canarias con 75 días y Madeira con 83.

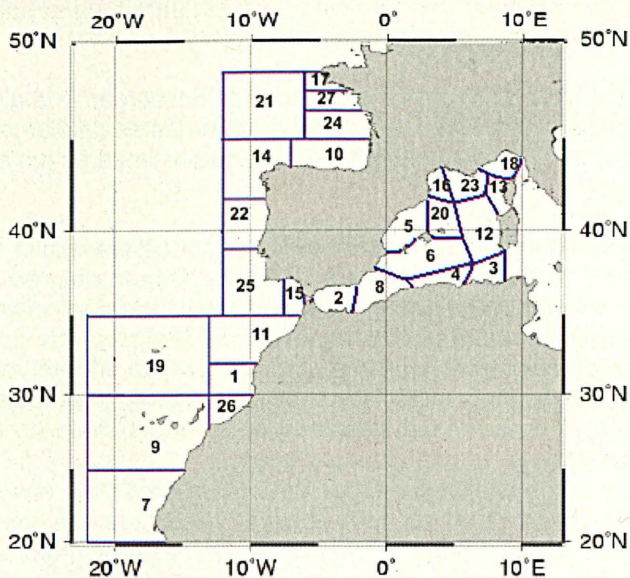


Figura 4. Áreas marítimas consideradas para la valoración del número de días de tormenta mensual y anual en la tabla correspondiente al año agrícola 2006 - 2007. La numeración corresponde a la consignada en la tabla.

No obstante si se considera la superficie de las zonas marítimas para referir específicamente la actividad tormentosa por unidad de área cabría concluir que:

- La mínima actividad con menos de 5 días de tormenta al año por cada 10.000 km² se dio en: Cabo Blanco, Tarfaya, Canarias, Madeira, Casablanca, Agadir y Pazenn.
- La máxima actividad con 40 días de tormenta al año por cada 10000 km² se registró en el Golfo de León.
- Otras áreas marítimas de actividad elevada por encima de 20 días al año son: Liguria, Córcega, Argelia, Menorca, Baleares y Golfo de Cádiz.
- Las restantes áreas marítimas próximas a las costas oscilan entre 16 días para el Cantábrico y 6 en San Vicente.

Concluyéndose claramente de los datos anteriores que el fenómeno tormentoso es más propio de las zonas continentales que de las marítimas al duplicarse al menos el número de días de tormenta de una zona geográfica con respecto a la otra. Por otro lado, cuanto más caliente es la superficie marítima más frecuente es el fenómeno eléctrico. Las zonas marítimas atlánticas alcanzadas por corrientes marinas frías registran el mínimo de actividad, en este sentido las superficies marítimas más cálidas del Mediterráneo superan a las anteriores casi en un orden de magnitud.

7. Distribución del número de descargas:

Otra novedad que se presenta en el calendario de 2007 para describir más claramente la actividad eléctrica atmosférica son las cartas mensuales con el número de descar-

gas registradas en una rejilla de resolución 10 x 10 km para toda la península, los archipiélagos y las zonas marítimas colindantes.

El fenómeno representado ahora es el número de descargas que alcanzan el suelo y captadas en las celdillas mencionadas. La selección de estas descargas se ha llevado a cabo con los mismos criterios de calidad y bondad que hicimos en los anteriores productos presentados.

La escala de color está claramente expresada aunque para mayor sencillez se inicia con el color negro en las zonas donde no se haya registrado ninguna descarga de alta calidad y después se indica la más débil actividad registrada con colores fríos (desde el azul oscuro con valores entre 0 y 10 descargas por celdilla) pasando por el azul claro (de 50 a 100) y el resto de colores de la gama que representan un intervalo de clase incrementado en 100 descargas por celdilla. Los colores más cálidos (naranjas y rojos) indican las zonas con máximos de actividad indicando el último intervalo de color rojo intenso (más de 1600 descargas/100 kilómetros cuadrados).

8. Referencias:

- a) El interés de la información meteorológico marítima. María del Milagro García Pertierra Marín. Revista AMBIENTA. Ministerio de Medio Ambiente. Noviembre de 2005.
- b) Las tormentas en España durante el año agrícola 1979/80. María del Milagro García Pertierra Marín. Calendario meteoro fenológico 1981. Instituto Nacional de Meteorología. 1981.
- c) El valor de la información sobre electricidad atmosférica. Francisco Pérez Puebla. Revista AMBIENTA. Ministerio de Medio Ambiente. Noviembre de 2005.